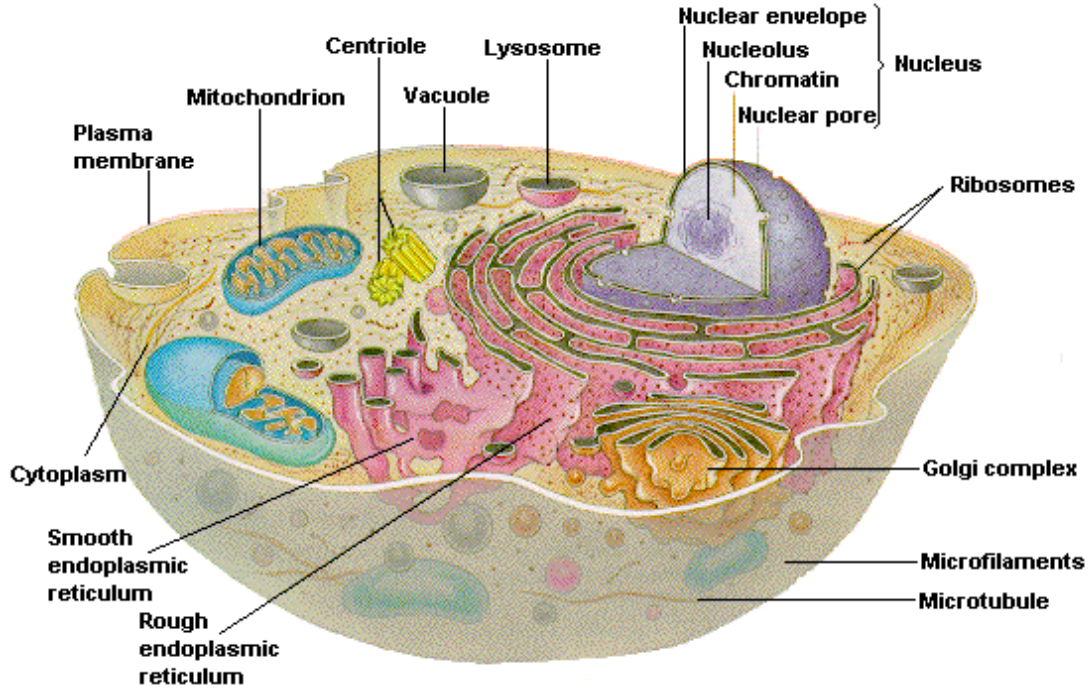


## Nucleus النواة

لقد تم وصف النواة لأول مرة من قبل العالم روبرت براون Robert Brown سنة ١٨٣٥ على انها تركيب ثابت لكل من الخلايا النباتية plant cells و الخلايا الحيوانية animal cells بحيث تمثل الوحدة الرئيسية و الاساسية للتركيب و البناء و الوظيفة في الكائن الحي.

ان معظم الدراسات تكون معتمدة على الشكل العام و بصورة خاصة الكرموسومات chromosomes في خلال عملية الانقسام الخلوي Cell Division و لكن التقدم العلمي الذي حدث خلال الفترة الاخيرة باستعمال تقنيات خلوية جديدة لغرض دراسة النواة اسهم بصورة جيدة باغناء معلوماتنا حول الكيمياء الحيوية وفسلجة النواة حيث تحتوي جميع الخلايا الحقيقية النواة على نواة واحدة او اكثر في بعض مراحل حياتها ومثال على هذه الخلايا التي تحتوي على نواة في مرحلة معينة من حياتها فقط هو كريات الدم الحمراء التي تفقد نواتها عند النضج كما تفقد خلايا اللحاء Phloem في النبات والتي تقوم بنقل الغذاء في النبات نواتها عند النضج. Maturity. ان فقدان الخلية نواتها قد يعني في معظم الاحوال موت الخلية و قد اجريت تجربة قام بها علماء الاحياء حيث انتزعت من الخلية نواتها بواسطة الجراحة الدقيقة فوجد ان هذه الخلية تموت بعد فترة محدودة و لكن اذا زرعت فيها نواة مرة اخرى عادت الخلية الى نشاطها و عندما تحتوي الخلية على نواة واحدة فانها تسمى وحيدة النواة uninucleate و اذا كان عدد النوى اكثر فانها تسمى متعددة النواة Multinucleate فمثلا المدامج الخلوية coenocytic للألياف العضلية المخططة أو في بعض الفقريات و الطحالب كما تحتوي بعض الخلايا المسببة لتحلل العظام osteolysis على عدة نوى علما بان عدد النوى قد يصل الى المائة.



### المظاهر العامة للنواة General features of Nucleus

خلال الطور البيني Interphase و في دورة حياة الخلية تفقد النواة عادة الشكل الدائري ويصل قطرها الى حوالي ١٠ مايكرومتر الا ان شكل وحجم وموقع الانوية يختلف باختلاف الخلايا وباختلاف النوع species وفي بعض الحالات يعتمد شكل النواة على شكل الخلية التي تحملها ففي الخلايا الدائرية او المكعبة او المتعددة الاضلاع يكون شكل النواة دائري عموماً و تميل النواة لأن تأخذ شكلاً بيضوياً او متطوالة في الخلايا الاسطوانية او المعينية أو المغزلية كما يمكن ان نلاحظ انوية غير منتظمة الشكل فمثلا بعض خلايا الدم البيض

leucocytes يكون شكل النواة مشابها لحذوة الحصان او تكون متعددة الفصوص و تكون النواة متفرعة في الخلايا الغدية للعديد من الحشرات بينما تكون انوية الحيامن بيضوية او كمثرية او رمحية الشكل. يمكن ان يتم تغيير حجم النواة او شكلها دون تغيير محتواها من الحامض الرايبوزي منقوص الاوكسجين DNA ويختلف حجم الانوية ايضا باختلاف الخلايا وباختلاف النوع species و تميل النواة الى الاحتفاظ بنسبة ثابتة بين حجمها و حجم

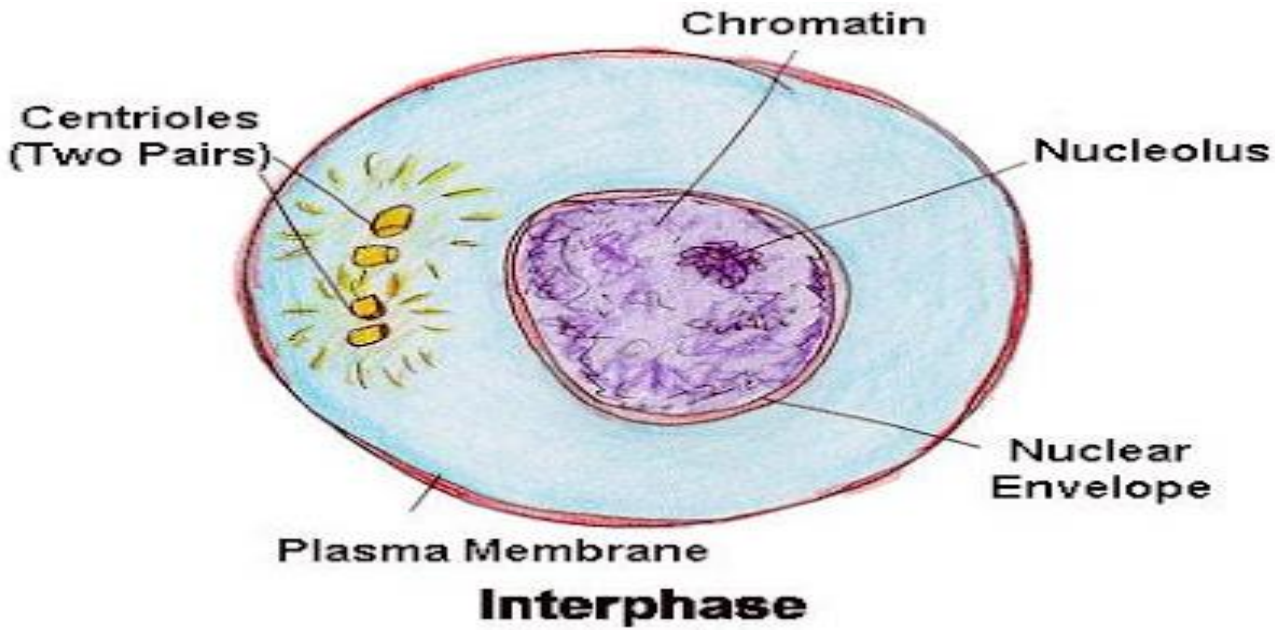
السائتوبلازم الذي يحتويها و يعبر عن ذلك بمعامل البلازما النووية Nucleoplasmic index و للاختصار يشار اليه NP و المعبر عنه بالمعادلة التالية " هنالك شواذ كثيرة لهذه

القاعدة "

## حجم النواة (Nv)

### حجم السائتوبلازم - (Cv) حجم النواة (Nv)

يسبب نمو الخلايا البنوية (Daughter cells) تغيراً في التوازن بين الحجم النووي والسائتوبلازمية وهذا التغير يمكن ان يؤدي الى تكاثر الكروموسوم وبالتالي تبدأ دورة اخرى كما ويزداد حجم النواة في العضو الواحد بتقدم الخلايا في العمر. ان النواة كغيرها من العضيات الخلوية الاخرى تركيب ديناميكي معرض للتغير في شكله وموقعه. ان الانوية تحتل عادة موقعاً مركزياً في الخلايا الجنينية والمرستيمية وكذلك الخلايا التي تمتلك فجوات قليلة او صغيرة حيث يعمل تكون الفجوات الكبيرة في الخلية على تحريك النواة من موقعها في الخلية بالاضافة الى ان الانسياب السائتوبلازمي cytoplasmic streaming يعمل على تغيير موقع النواة والعضيات الاخرى وان افضل مثال لحركة الانوية يتمثل باتحاد انوية الكاميات اثناء عملية الاخصاب للبيضة والخلايا المركزية للكيس الجنيني. ان معظم انواع الخلايا تحتوي عادة نواة واحدة ويشذ عن هذه الحالة انواع اخرى من الخلايا حيث توجد خلايا ثنائية النواة كما هو الحال في بعض انواع خلايا الكبد والخلايا الغضروفية وتوجد خلايا اخرى تحتوي على اكثر من نواتين . فالخلية التي تحتوي على نواة واحدة تسمى بالخلية احادية النواة Mononucleate وتدعى الخلية التي تحتوي على نواتين بالخلية ثنائية النواة Binucleate اما الخلية التي تحتوي على أكثر من نواتين فتدعى بالخلية متعددة النوى Polynucleate كالخلايا الناقضة للعظم Osteoclasts ويصل عددها في بعض الخلايا ١٠٠ نواة في الخلايا المولدة للعظم Osteoblasts وكذلك الحال بالنسبة لليف العضلي المخطط والطالب .



### نواة الطور البيني The Interphase Nucleus

في النماذج المثبتة والمصبوغة يمكن تمييز النواة بتركيبها المعقد الذي يختلف باختلاف الخلايا المدروسة وبنوع المثبت المستعمل وعلى العموم يمكن تمييز التراكيب التالية في نواة الطور البيني باستعمال المجهر الضوئي-1 الغلاف النووي: Nuclear envelope: الذي يظهر كحد فاصل بين النواة والساييتوبلازم.

2-البلازما النووية) Nucleoplasm أو الخلط النووي: (Nuclear sap الذي يملأ معظم فراغ النواة وتوجد ضمن هذا الجزء مناطق غير كثيفة من الكروماتين chromatin التي تمثل الجزيئات الكبيرة المكونة للكروموسومات بحالتها المنتشرة (غير المكثفة) ان هذه المناطق تقابل ما يطلق عليه بالكروماتين الحقيقي

3-المراكز الملونة chromocenters او النويات الكاذبة False Nucleoli الذي يمثل مع خيوط الكروماتين الملنوية اجزاء من الكروموسومات التي تبقى كثيفة في الطور البيني أي ان الجزيئات الكبيرة المكونة للكروموسومات في هذه المناطق تكون متجمعة بكثافة وان هذه المناطق الكثيفة من الكروماتين التي تسمى بالكروماتين المتباين Heterochromatin تلاحظ مراراً قرب الغلاف النووي وتكون ايضاً ملاسمة للنوية.

4-النويات : Nucleoli التي تكون عموماً دائرية الشكل تلاحظ جيداً في الخلايا العصبية وخلايا البنكرياس وخلايا اخرى وتكون فعالة جداً في بناء البروتين وتكون مكونات النوية غير

معزولة عن مكونات النواة بغشاء وتحتوي النواة على نوية مفردة او عدة نويات كما انها عادة حامضية التفاعل وتحتوي على البروتينات النووية الريبوزية. **Ribonucleoproteins** ان المعلومات التي يحصل عليها عن التراكيب الاربعة السابقة باستعمال المجهر الضوئي هي معلومات قليلة مقارنة بما يحصل عليه عند استخدام المجهر الالكتروني حيث تظهر هذه التراكيب بشكل واضح وهذا ما ساهم في الحصول على معلومات تفصيلية عن تركيب النواة .

### الغلاف النووي The Nuclear Envelope

تمتاز خلايا حقيقية النواة بامتلاكها غلاف نووي يحيط بالمادة النووية مقارنة بخلايا بدائية النواة التي تفتقد لمثل هذا الغلاف ويعتبر العالم هرتوج Hertwig اول من لاحظ غشاء يحيط بالنواة عام ١٨٩٣. ان الاهتمام بدراسة هذا الغشاء كان قليلاً حتى استخدام المجهر الالكتروني الذي اظهر بان هذا الغشاء الذي يحيط بالنواة ليس مجرد غشاء بسيط مفرد فحسب وانما هو غشاء مزدوج يمتلك الجزء الخارجي مظهراً يختلف بوضوح عن مظهر الجزء الداخلي. ان الغشائين قريبان من بعضهما يحيط احدهما بالآخر ويتحد كلا الغشائين عند الثقوب النووية Nuclear pores بينما يكونان منفصلين عن بعضهما في المناطق الاخرى بالفراغ النووي المحيطي perinuclear space حيث تبلغ سعة هذا الفراغ (١٠٠-١٥٠) انكستروم ويصل سمك كل غشاء من غشائي الغلاف النووي (٩٠-٩٥) انكستروم أي بسمك اغشية الشبكة الاندوبلازمية ولم تظهر طريقة التجميد الكليشة freeze etching أي اختلاف رئيسي في تركيب الغشائين الداخلي والخارجي ومع ذلك فان الغشاء الخارجي يمتلك صفتين متميزتين لايمتلكهما الغشاء الداخلي احدهما هي استمرارية اجزاء منه مع اغشية الشبكة الاندوبلازمية واما الصفة الثنائية فهي حمله للريبوسومات في الوجه المقابل للسايتوبلازم فضلاً عن كونه اسمك من الغشاء الداخلي . ان اوضح برهان لنشوء الغلاف النووي من الشبكة الاندوبلازمية لوحظ خلال الانقسام المايتوزي حيث خلال الطور النهائي تتجمع الاكياس المسطحة للشبكة الاندوبلازمية حول الكروموسومات لتعيد تكوين الغلاف النووي وان اغشية الشبكة الاندوبلازمية لاتحتوي على الثقوب النووية التي تلاحظ على الغلاف النووي وربما ايضاً ليس مدهشاً بان كلا نوعي الاغشية (أي اغشية الشبكة الاندوبلازمية وغشائي الغلاف النووي) يظهران نقاط تشابه ونقاط اختلاف في المحتويات



الكيميائية الحياتية فانواع معظم المكونات السائلة يكون متشابه في كليهما بالاضافة الى انهما يشتركان بامتلاكهما عدد من البروتينات وبضمنها الانزيمات المتشابهة ومع ذلك يوجد ايضاً اختلافات في المحتوى البروتيني لهما فمثلاً لاحظ فرانك وجماعته عام ١٩٧٠ في بحثهم ان من مجموع ٣٢ بروتيناً عزلت من اغشية الشبكة الاندوبلازمية واغشية الغلاف النووي لخلايا الكبد (الفا) ثمانية منها موجودة فقط في الغلاف النووي واثنى عشر منها فقط في الشبكة الاندوبلازمية واثنى عشر منها كانت مشتركة لكلا الغشائين كما ان هنالك اختلافاً كميّاً اضافة الى الاختلاف النوعي في المحتوى الانزيمي لكل من اغشية الشبكة الاندوبلازمية وغشائي الغلاف النووي حيث ان بعض الانزيمات الموجودة في اغشية الشبكة الاندوبلازمية تلاحظ ايضاً في اغشية الغلاف النووي ولكن بكميات قليلة.

ان الطبيعة المزدوجة للغلاف النووي تسمح للغشاء الخارجي بالتفاعل مع الساييتوبلازم وتسمح للغشاء الداخلي بالتفاعل مع محتويات النواة فكما ان الغشاء الخارجي يمتلك رايبوسومات متصلة به كذلك تتصل بالغشاء الداخلي اجزاء من الكروماتين تعبر من الغلاف في مواقع معينة من خلال تراكيب تسمى الثقوب النووية Nuclear pores يكون كلا الغشائين متحدين ببعضهما حول حواف هذه الثقوب بينما يكونان مفصولين عن بعضهما في المناطق الاخرى وقد تنعدم الثقوب النووية في انواع من الخلايا كما تلاحظ ثقوب مماثلة لتلك الموجودة على

غلاف النواة على بعض الاغشية الساييتوبلازمية كالصفائح المنقبة **Annulated lamellae** ويمكن ان تلاحظ هذه الثقوب بصورة واضحة في التحضيرات التي استخدمت فيها طرق

التجميد الكليشية **freeze etching** ويوجد حوالي ٧-١٢ ثقب في المايكرومتر المربع الواحد في خلايا قمة جذر البصل حيث اظهرت الدراسات الاخرى وجود ٣٥-٦٥ ثقب في نفس الخلايا. وعموماً يختلف عدد الثقوب من ١٥ الى ٢٠ ثقب لكل مايكرومتر مربع واحد في

انوية الخلايا النباتية والحيوانية المختلفة . وقد اشارت الدراسات الى ان الخلايا الخالية من النوى تكون خالية من الشبكة الاندوبلازمية ايضاً. يكون كل ثقب محاط بحافة دائرية تسمى **Annulus** قطرها حوالي ١٢٠ نانوميتر التي تشكل مع الثقب مايسمى بمعقد الثقب **pore**

**complex** حافة الثقب غير متماثلة التركيب مع بقية اجزاء الغشاء، قطر الثقب حوالي ٧٠-٧٥ نانوميتر وعند الفحص الدقيق يلاحظ بانه ثماني الاضلاع وهذا المظهر الناتج من توزيع ثمانية كتل كروية او مخروطية الشكل متساوية الابعاد عن بعضها وقد تلتصق على السطوح

الخارجية منها (المواجهة للسايتوبلازم) بعض الريبوسومات وغير موجودة على السطح الداخلية منها (المواجهة لمحتويات النواة) وتختلف الكتل المؤلفة لزوايا المثمن عن تركيب بقية الغشاء. تظهر الفتحة المركزية غالباً معلقة بكتلة كثيفة إلكترونياً التي قد تشخص على انها ليفيات fibrils وهناك العديد من الاراء حول ترتيب هذه الاجزاء ولكن المقبول حالياً هو مايلي :

1- هنالك ثمانية كتل على كل وجه مخروطية او كروية الشكل.

2- تحتل فراغ الثقب ليفيات بترتيبات مختلفة.

3- تمتد هذه الليفيات الى فراغ الثقب من الكتل الكروية.

لقد اعتقد ان هذه الليفيات عبارة عن بروتينات الحامض النووي الريبوزي منقوص الاوكسجين

**DNA-proteins** ولقد تم الان الاثبات بأنها بروتينات الحامض النووي الريبوزي-**RNA**

**proteins** حيث انها تهدم بانزيم **RNAase** وتهضم بالانزيمات الهاضمة للبروتين وان

علاقة هذه الليفيات ببقية اجزاء النواة غير محددة لحد الان. تهضم مادة حافة الثقب بواسطة

الترسين **Trypsin** وتبقى غير متأثرة عند تعريضها للانزيمين **RNAase** و **DNAase** ان

هذه الاكتشافات قد ادت الى الاقتراح ان مادة حافة الثقب هي بروتينية في طبيعتها وبما ان

الثقوب النووية مرتبة بشكل منتظم لذلك يحتمل وجود علاقة بينها وبين مكونات النواة والتي

لم تحدد لحد الان. وعلى الرغم من الاعتقاد العام حول ان شكل النواة ناتج من خلال تحديد

غلاف النواة نفسه ويتحور بواسطة الانبيبات او الخيوط الدقيقة المتصلة بواسطة الغلاف

النووي ولكن حتى هذه الحقيقة قد تكون غير صحيحة. لقد بين الباحثان ارونسون-**R**

**Arnson** وبلوبل **G. Blobel** عام ١٩٧٥ ان ازالة اغلفة النواة بصورة كاملة لم يغير من

شكل النواة او التركيب الدقيق لبقية المحتويات ومن ملاحظتهما ايضاً ان ثقوب النواة

احتفظت بمواقعها وترتيبها وبالرغم من عدم وجود غلاف نووي كما لو كان في الحالة

الاعتيادية لذلك فان معقد الثقب هو تركيب منفصل عن غشائي الغلاف النووي. لقد دلت

التجارب الى ان هنالك ارتباطات بين النواة والخيوط الدقيقة والانبيبات الدقيقة فهجرة النواة

الى مواقع مختلفة في الخلية تتصاحب مع هذه التراكيب كما ان هذه التراكيب ترتبط بغشائي

النواة عند الانقسام في الحالات التي لا يضمنل فيها الغلاف خلال الانقسام كما في حالة قسم

من كائنات ثنائية السوط **Dinoflagellates** اما من ناحية علاقة غلاف النواة والاحداث الجارية خلال مراحل الانقسامات المختلفة المايوتوزية والمايوزية فلا يعرف عنها الا القليل حيث ان عملية اضمحلال النواة على المحتوى الجزيئي و الوظيفي لاتزال غير معروفة فاضمحلال الغلاف النووي هو عملية غير مشروطة للانقسام طالما ان الاحياء الدنيا **Dinoflagellate** تنقسم النواة فيها وتبقى محافظة على غلاف النواة كذلك فان عملية التحام النوى غير معروفة التفاصيل ولا يعرف أي دور لغلاف النواة فيها.

### Permeability of nuclear envelope النفاذية الغلاف النووي

لقد اظهرت النتائج التي حصلت عليها من التجارب العديدة الى ان معقدات الثقب قد تكون فتحات مؤقتة او دائمية في الغلاف النووي ويعتمد نفاذ المواد خلال الثقوب النووية على حجمها الجزيئي. ان حقن جسيمات ذهب شبه غروية تختلف في الحجم من ٢,٥-١٧ نانوميتر في سايتوبلازم الاميبا وجد ان تلك الجسيمات التي يصل قطرها الى حد ٨,٥ نانوميتر تدخل بسرعة الى النوى وتدخل الجسيمات التي قطرها ٨,٩-١٠,٦ نانوميتر ببطيء اما بالنسبة الى الجسيمات الاكبر فلاتدخل على الاطلاق وتشير هذه النتائج الى ان الفتحات هي اصغر من حجم الثقب. وباستخدام هذه الطرق التقنية حصل على ادلة تشير الى ان هذه الثقوب ماهي الا ممرات لتبادل الجزيئات الكبيرة **Macromolecules** يمكن لحواف الثقب **pore annuli** ان تنظم التبادل على ضوء الحجم وربما على الطبيعة الكيمياوية للمادة الداخلة (او النافذة) من المهم اعتبار ان نفاذية الغلاف النووي ليست ثابتة بل تختلف في الانواع المختلفة في الخلايا او ضمن الخلايا المدروسة على الاقل خلال دورة الانقسام ويمكن ان تعزى مثل هذه الاختلافات الى التغييرات في مادة الثقب **Annular material** كما اشار الباحث فيلدهر **Feldher** عام ١٩٧١م حيث ان وجود الثقوب في الغلاف النووي له علاقة ببعض الخصائص الكهروكيميائية **Electrochemical** للتركيب ويمكن بحث هذه العلاقة باستخدام اقطاب كهربائية دقيقة جداً **Microelectrodes** فقد تم تمييز نوعين من الاغلفة النووية بهذه الطريقة التقنية فعند اختراق الاقطاب الكهربائية الدقيقة للخلايا العملاقة في الغدة اللعابية لحشرة الدروسوفلا يحدث تغير غير متوقع في جهد الغشاء البلازمي (-١٢) (٧) هذه الخلايا بعد ذلك وعندما يدخل القطب الكهربائي الدقيق الى النواة يحدث انخفاض في الجهد



السالب للغشاء البلازمي (-13 mV) تشير هذه النتائج الى ان الغلاف النووي يمكن ان يكون مانعاً لانتشار ايونات صغيرة بصغر ايونات  $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$  ومن الناحية الاخرى لا يوجد جهد ملحوظ في الغلاف النووي للخلايا المولدة للبيوض وبالتالي تشير الى التبادل الحر للايونات بين النواة والساييتوبلازم. يوجد عدة ملاحظات مورفولوجية تقترح نفاذ البروتينات النووية الريبوزية **Ribonucleoproteins** وجزيئات كبيرة اخرى عبر الثقوب النووية كما لوحظ امتداد مادة كثيفة خلال الثقوب النووية في الخلايا المولدة لبيوض البرمائيات بعض المواد يمكن ان تشابه الوحدات الثانوية الريبوسومية واخرى للحامض النووي RNA الرسول (Messenger, RNA) ان الآلية التي ينجز من خلالها عبور هذه المواد غير معروفة. دراسات الكيمياء الخلوية قد اوضحت وجود فعالية للانزيم **ATPase** مثل **ATPase** (**Mg<sup>++</sup> activated**) في الثقوب والاعلفة النووية الذي يجهز الطاقة الضرورية لانتقال الجزيئات الكبيرة ولاتمام عملية النقل الفعال التركيب الدقيق للنواة

#### في الطور البيني **Ultrstructure of the interphase nucleus**

توجد البروتينات النووية اما في حالة مكثفة (كروماتين متباين **Heterochromatin**) او بصورة مشتتة (كروماتين حقيقي **Euchromatin**) يعطي كلا نوعي الكروماتين تفاعل موجب لصبغة فولكن **Feulgen stain** الخاصة بالـ DNA. يحتل الكروماتين الحقيقي عادة المساحات الفاتحة (المضيئة) من البلازما النووية ويشكل الكروماتين المتباين المراكز الملونة المصبوغة بشدة. تحتوي النواة على مكونات اخرى اضافة الى التراكيب الحاوية على DNA مؤلفة بصورة رئيسية من البروتينات الريبوزية **Ribonucleoproteins** وان اكثر هذه المكونات وضوحاً هي النوية **Nucleolus** والتي سنتناولها لاحقاً. توجد عدة تراكيب مكونة من البروتينات النووية الريبوزية ممتزجة بين مسامات الكروماتين هذه التراكيب التي تم تمييزها بالمجهر الالكتروني وخلال استخدام ايونات اليوراسيل **Uracil ions** وطرق استخلاص معينة امكن تمييز المناطق الحاوية على DNA عن المناطق الحاوية على RNA في نواة الطور البيني فكلا النوعين من الحوامض النووية يصطبغان بشدة ولكن يكون الـ DNA اكثر وضوحاً بالصبغات النووية كذلك بخلات اليوراسيل **Uracil acetate** وعملت بعد صبغها بمادة **(EDTA ethylene diamine tetraacetic acid)** الذي يزيل ايونات اليوراسيل من الـ DNA على نحو مميز تعتبر EDTA مادة قلوية التي ترتبط بمجاميع

الفوسفات لـ DNA وبالتالي تزيح ايونات اليوراسيل بهذه الطريقة تصبح التراكيب الحاوية RNA للنواة والرايبوسومات في الساييتوبلازم اكثر وضوحاً وبعبارة اخرى تصبح التراكيب الحاوية على RNA اكثر كثافة من التراكيب الحاوية على DNA لقد ساهمت طرق تقنية منها استخلاصات خاصة او معاملات انزيمية في معرفة التركيب الدقيق للنواة.